

Виробничий досвід

УДК 621.31

ЕФЕКТИВНІ НАУКОВІ І ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРОБКИ ЩОДО КОМПЛЕКСНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДНИХ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Р.М. Говдяк

ТОВ «ІК «Машекспорт»; 04655, м. Київ, вул. Кудрявський узвіз, 7, тел. (044) 4980273,
e-mail: Office@ik-me.com

Наведено результати комплексної реконструкції електроприводних компресорних станцій магістральних газопроводів з використанням нових наукових проектно-конструкторських розробок на основі ефективних енергозберігаючих, екологічних, економічних і малолюдних технологій.

Вперше проведено дослідно-промислову експлуатацію новітніх електроприводних безредукторних, з магнітними підвісами і сухими ущільненнями вузлів агрегатів з частотно-регульованим приводом, що забезпечило широкий діапазон регулювання газодинамічних параметрів компресорних станцій, відповідних оптимальному режиму роботи газопроводу та економії витрат на електроенергію до 30% на рік.

Показано, що використання безмасляних технологій в агрегатах і енергогосподарстві, застосування автоматизованої установки очищення газу суттєво поліпшило екологічну ситуацію на станціях.

Глибокий рівень автоматизації та інтеграції систем, реалізація дистанційного керування станціями забезпечує їх експлуатацію по малолюдній технології і дає змогу скоротити чисельність обслуговуючого персоналу на 21 % нижче нормативної.

Ключові слова: реконструкція, компресорна станція, газопровід, автоматизація, малолюдна технологія, сухе ущільнення, магнітний підвіс.

Приведены результаты комплексной реконструкции электроприводных компрессорных станций магистральных газопроводов с использованием новых научных, проектно-конструкторских разработок на основе эффективных энергосберегающих, экологических, экономических и малолюдных технологий.

Впервые проведена опытно-промышленная эксплуатация новейших электроприводных безредукторных, с магнитными подвесами и сухими уплотнениями узлов агрегатов с частотно-регулируемым приводом, что обеспечило широкий диапазон регулирования газодинамических параметров компрессорных станций, соответствующих оптимальному режиму работы газопровода и экономии затрат на электроэнергию до 30% в год.

Показано, что использование безмасляных технологий в агрегатах и энергохозяйстве станции, применение автоматизированной установки очистки газа существенно улучшило экологическую ситуацию на станциях.

Глубокий уровень автоматизации и интеграции систем, реализация дистанционного управления станциями обеспечивает их эксплуатацию по малолюдной технологии и позволяет сократить численность обслуживающего персонала на 21 % ниже нормативной.

Ключевые слова: реконструкция, компрессорная станция, газопровод, автоматизация, малолюдная технология, сухое уплотнение, магнитный подвес.

The results of complex reconstruction of electric driven gas-compressor station of gas main pipeline with employment of new design and engineering development on the base of effective energy-efficient, ecological, economic and minimal manning technology are shown.

For the first time the pilot operation of the newest electric direct-drive aggregates with magnetic levitation and dry gas-dynamic consolidation of units, and variable-frequency drive, is put into practice. That ensures a wide range of regulation of compressor stations gas-dynamic parameters, which corresponds to the optimal operating mode of gas main pipeline and save energy costs up to 30% per year.

It is shown that the utilization of oil-free technologies in aggregates and station's energy-department the application of gas treating automatic unit have essentially proved the stations' ecological environment.

High level of systems' automation and integration, the implementation of remote control of the stations provide their operation with minimal manning technology and allows reducing the number of operating personnel by 21% below the standard number.

Key words: reconstruction, gas-compression station, gas main pipeline, automation, minimal manning technology, dry consolidation, magnetic levitation.

Сьогодні і в майбутньому пріоритетом світового рівня в різних областях людської діяльності створюються технічні рішення, які дають комплексний енергозберігаючий, екологічний, економічний та соціальний ефект.

Як відомо, основним напрямком перспективного розвитку газової промисловості держав СНД і дальнього зарубіжжя є енергозбереження, яке базується на впровадженні енергетично, екологічно та економічно ефективних технологій і нової техніки.

Яскравим прикладом цього є проекти, реконструкції 6 електроприводних компресорних станцій магістрального газопроводу Нижньовартівський ГПЗ-Парабель-Кузбас ТОВ «Газпром трансгаз Томськ», які виконало ТОВ «ІК «Машекспорт» з використанням малолюдних технологій і сучасних наукових технічних рішень, які побудовані на принципах надійності і економічності (рис. 1).

У 2013 р. завершено реконструкцію п'яти компресорних стацій, що дало змогу разом з виведеною на проектні тиски лінійною частиною одержати сучасний магістральний газопровід, де повною мірою реалізовані нові технології диспетчерського керування, автоматизації технологічних процесів. Одержано додатковий ощадливий і економічний ефект не лише завдяки сучасному компресорному устаткуванню, але й завдяки розрахунку та реалізації оптимальних режимів транспорту газу по газопроводу в динаміці.

Основні цілі реконструкції електроприводних компресорних станцій:

- забезпечення потрібної продуктивності газопроводу;

- підвищення рівня технічної експлуатації, безпеки та ефективності роботи устаткування компресорних станцій;

- забезпечення плавного регулювання та оптимізації режиму роботи газотранспортної системи;

- зниження споживання електроенергії та технологічних втрат газу;

- перехід на малолюдні технології та дистанційне управління компресорними станціями.

Вказаний вище газопровід проектною продуктивністю 8,2 млрд м³/рік побудовано у 1977 році. На його компресорних станціях встановлено газоперекачувальні агрегати (ГПА) потужністю 4 МВт, кожен з електроприводом СТД-4000-2.

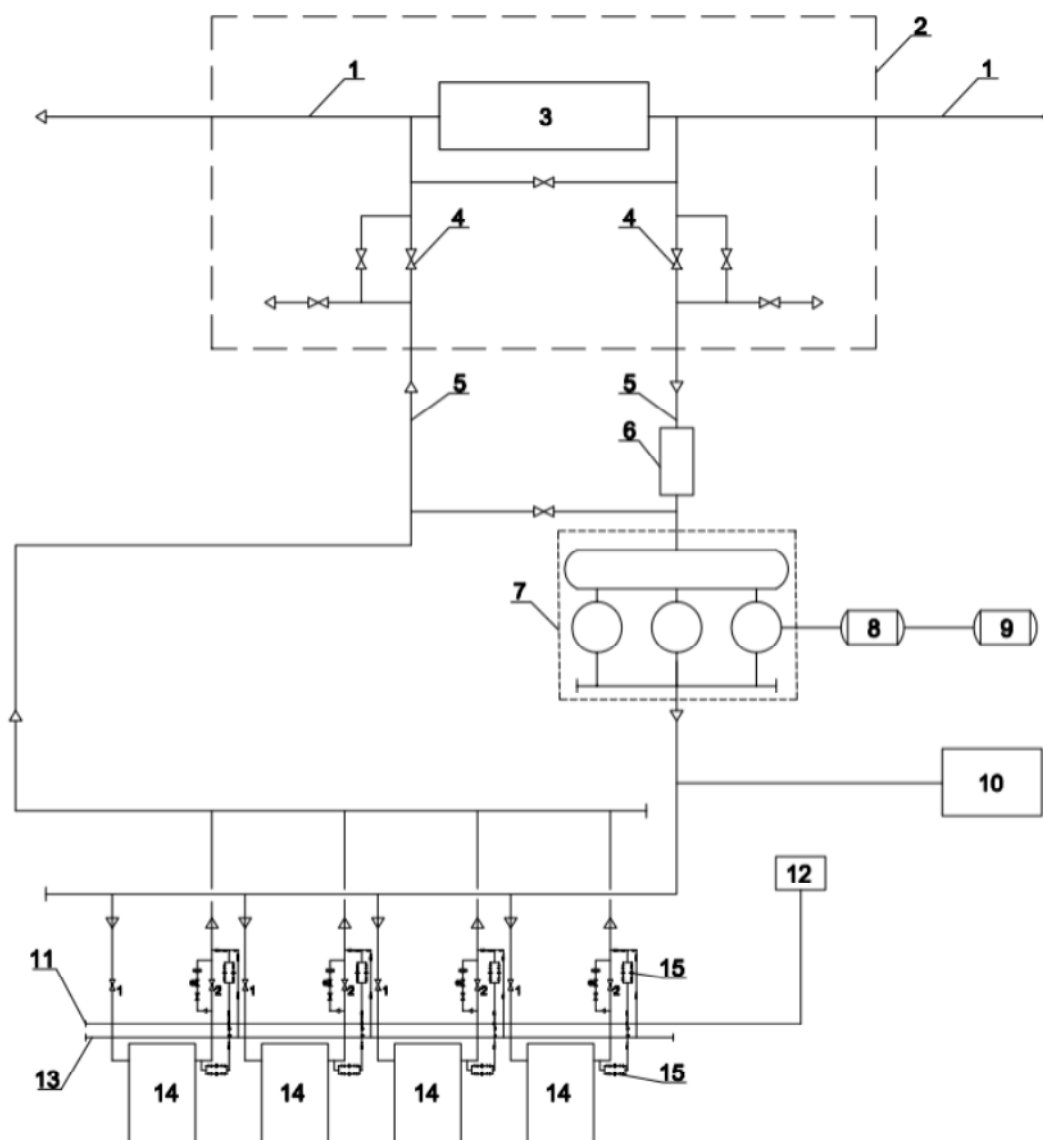
На початку реконструкції станцій ГПА мали напруження з початку експлуатації до 105 тис. годин, технологічні трубопроводи компресорних станцій не відповідали вимогам нових нормативних документів, електротехнічне та технологічне устаткування, системи автоматизації технологічних процесів морально та фізично застаріли. Старі газоперекачувальні агрегати мали неефективну та обмежену можливість по регулюванню їх продуктивності.

Ці обставини не тільки призводили до більш високих затрат на транспортування газу, але й знижували надійність та безпеку газотранспортної системи.

Як відомо, значний досвід експлуатації електроприводних газоперекачувальних агрегатів (ЕГПА) виявив їх переваги порівняно з газотурбінними агрегатами: високу надійність, великий моторесурс (25 років), низький рівень шуму і високу екологічну чистоту, а також зна-



Рисунок 1 – Компресорна станція (КС) Парабель



1. магістральний газопровід; 2. вузол підключення компресорної станції до магістрального газопроводу; 3. вузол прийому-запуску очисних споруд; 4. відсічний запірний шаровий кран; 5. шлейф під'єднання компресорної станції до газопроводу; 6. установка вузла обліку газу; 7. установка очищення газу; 8. ємність збору конденсату високого тиску; 9. ємність зберігання конденсату атмосферна; 10. установка підготовки природного газу для власних потреб станції; 11. колектор стиснутого повітря; 12. блок повітряної компресорної станції; 13. колектор буферного газу; 14. електропровідний газоперекачувальний агрегат; 15. блок фільтрів буферного газу

Рисунок 2 – Принципова технологічна схема електропровідної компресорної станції магістрального газопроводу

чні недоліки вітчизняних агрегатів: відсутність регулювання частоти обертання ротора електродвигуна, неможливість повторного пуску агрегату з гарячого стану та ін. Сучасні агрегати не мають цих недоліків.

Реконструкція дає змогу підвищити продуктивність компресорних станцій при зниженні загальної установленої потужності ГПА. Проектом передбачено заміну 32 ГПА на 22 сучасних комплексних електроприводних агрегатів типу ЕГПА-4,0/8200-5,6/1,26-Р.

На рис. 2 зображено принципову технологічну схему реконструйованої компресорної станції газопроводу [1].

Компресорна станція працює наступними чином:

Газ з магістрального газопроводу 1 через автоматичну установку обліку газу 6 надходить в установку очищення газу 7, де очищується від домішок і його велика частина по трубопроводу направляється в компресорний цех на компримування агрегатами 14.

Друга частина газу надходить в установку для підготовки газу на власні потреби КС 10, а потім споживачам. Відсепарований конденсат направляється в ємність збору 8, а потім в ємність зберігання 9 і на утилізацію, що поліпшує екологічну обстановку в районі станції.

Наявність на КС вузла обліку газу, електропривідних ГПА з частотно-регульованим асинхронним електроприводом, автоматичною системою управління станції (АСУ КС) забезпечує оптимальний, найбільш ефективний розрахунок, вибір і реалізацію оптимальних параметрів транспорту газу по магістральному газопроводу.

Оскільки в компресорних агрегатах застосовано сухі газові ущільнення, газ для їх коректної роботи (буферний газ), відбирається з вихідного трубопроводу ГПА і після нагнітального крана.

Для стабільної подачі буферного газу в систему сухих газових ущільнень і підтримки відповідного тиску, прийнято встановити підземний колектор буферного газу. Таке рішення є найбільш доцільним, значно дешевшим і ефективнішим, ніж інші.

Однією з основних задач реконструкції є використання новітніх електропривідних газоперекачувальних агрегатів, які не мають аналогів у світі та виконаних на високому технічному рівні.

Використання ЕГПА з частотно-регульовальним, високошвидкісним електроприводом без мультиплікатора (редуктора), застосування в них магнітних підшипників та газових динамічних ущільнень:

1) дало змогу виключити зі складу КС системи оснащення та охолодження олій, виключити витрати на поповнення олій у процесі експлуатації, підвищити пожежну безпеку;

2) відсутність у «сухому» агрегаті механічного контракту частин, що обертаються і, як наслідок, механічного зносу, забезпечує довготривалий строк служби агрегату при мінімальному об'ємі технічного обслуговування. Строк служби обмежується тільки процесами старіння конструкційних матеріалів;

3) застосування високошвидкісного асинхронного електропривода дало можливість виключити з агрегату узгоджувальний мультиплікатор (редуктор), що дало можливість зменшити габарити та збільшити ККД механічної частини агрегату;

4) застосування частотно-регулюючого електроприводу в агрегаті підвищило ефективність його роботи та дозволило забезпечити:

а) відмову від дроселювання газу при регулюванні робочих режимів агрегату;

б) високий ККД агрегату у всьому робочому діапазоні;

в) реалізацію оптимальних режимів транспорту газу по газопроводу в динаміці та його економічну ефективність.

Технічні рішення по реконструкції КС передбачені з максимальним використанням енергозберігаючих технологій.

Основними напрямками енергозбереження є:

– використання високооборотних електропривідних газоперекачувальних агрегатів з регулюючою кількістю обертів двигуна ЕГПА-4,0/8200-56/1,26-Р;

– скорочення витрат газу при проведенні реконструкції;

– оснащення компресорного цеху приборами обліку газу;

– утилізація продуктів очищення газу на установці очищення газу;

– утилізація продуктів очистки газу на вузлах прийому-запуску очисних пристроїв.

Рішення, прийняті щодо вентиляції компресорних станцій, також відповідають сучасним технічним рішенням з енергозбереження з використанням кращого вітчизняного та іноземного устаткування [2, 3].

Новизна та оригінальність технічних рішень щодо вентиляції приміщень КЦ забезпечують виконання поставлених технічних задач, а саме охолодження електродвигунів та опалення приміщень компресорного цеху теплим повітрям систем охолодження технологічного обладнання.

Другим важливим оригінальним аспектом системи вентиляції приміщення електродвигунів ЕГПА є можливість її роботи в замкнутому циклі із зовнішнім повітрообміном. При цьому важливо зауважити, що, враховуючи відносну важкість системи вентиляції (наявність приточних, витяжних, та приточно-витяжних опалювальних агрегатів, (системи повітропроводів з електричними заслінками та клапанами), ця система повністю автоматизована та може працювати в автономному режимі.

Передача даних про роботу всіх систем вентиляції здійснюється за рахунок АСУ з передачею даних в операторну та диспетчерську.

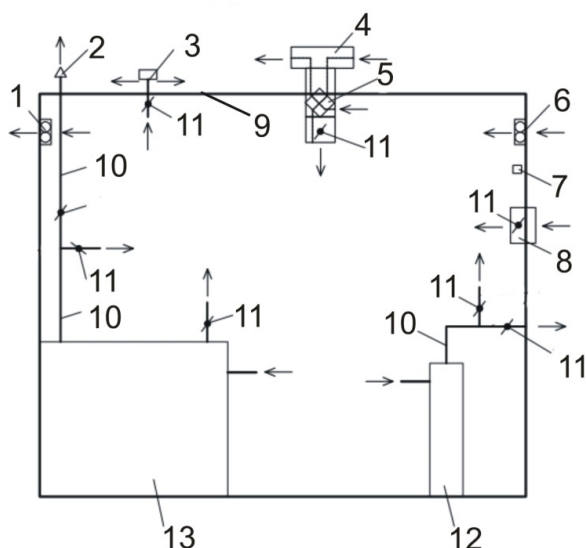
Необхідність підтримки оптимальних теплових режимів ГПА, систем електрооснащення та автоматики вимагала створення складної інтелектуальної, але надійної та ефективної системи вентиляції.

Система вентиляції спроектована як загальнообмінна, децентралізована – не прив'язана до конкретних ГПА. Це полегшило високу надійність роботи системи та дало змогу вдвічі скоротити площу цеху. Система вентиляції забезпечує рекуперацію значної кількості тепла від устаткування, фільтрацію повітря, створює надлишковий тиск в будівлі, забезпечуючи потрібну чистоту та вологість повітря.

Таке рішення потребувало важких розрахунків температурних полів та процесів конвекції, розробки алгоритмів автоматичного управління системою вентиляції.

На рис. 3 схематично зображено принцип роботи системи обігріву та вентиляції машинного залу компресорного цеху газоперекачувальної компресорної станції магістрального газопроводу. Стрілками позначені напрямки підводу та відводу повітря.

Запропонована система обігріву та вентиляції приміщення компресорного цеху газоперекачувальної компресорної станції магістрального газопроводу включає: осьовий витяжний вентилятор 1, зонт 2, дефлектори 3, припливно-витяжний рекуперативний агрегат 4 з утилізаційним теплообмінником 5, осьовий припливний вентилятор 6, давач-реле температури 7 та установка ПЕ – для природного припливу зовнішнього повітря 8. Установка забез-



1 - осьовий, витяжний вентилятор; 2 - зонт;
3 - дефлектор; 4 - приточно-витяжний регулятивний агрегат; 5 - теплообмінник утилізаційний;
6 - вентилятор приточний, осьовий; 7 - датчик-реле температури; 8 - установка ПЕ для природного притоку зовнішнього повітря; 9, 10 - повітропроводи; 11 - заслінка з електроприводом;
12 - перетворення частоти електричного струму;
13 - електропровідний газоперекачувальний агрегат з частотно-регулюючим електроприводом

Рисунок 3 – Принципова технологічна схема обігріву та вентиляції компресорного цеху електроприводної компресорної станції магістрального газопроводу

печена також повітропроводами 9, 10, з електроприводами 11, перетворювачами частоти електричного струму 12, електроприводними газоперекачувальними агрегатами з частотно-регулюючим електроприводом з повітряним охолодженням 13, які установлені в приміщенні компресорного цеху.

Запропонована система обігріву приміщення компресорного цеху газоперекачувальної компресорної станції магістрального газопроводу працює наступним чином:

В холодний період року тепле повітря з систем повітряного охолодження електроприводних газоперекачувальних агрегатів 13, установлених в приміщенні, через повітроводи 10 поступає в утилізаційний теплообмінник 5 припливно-витяжного рекуперативного агрегату 4. На цей же теплообмінник 5 поступає холодне атмосферне повітря, яке, проходячи через загальну з теплим повітрям стінку теплообмінника 5, нагрівається до нормованої температури та поступає в підігрітому стані в приміщення компресорного цеху.

За рахунок використання припливно-витяжних рекуперативних агрегатів 5 в холодний період року витяжне повітря перед тим як покинути межі приміщення, проходить через теплообмінник 5, підігріває припливне повітря до нормальної температури повітря приміщення. Видалення повітря передбачено з верхньої зони через дефлектори 4, які мають заслінки з

електроприводами 11. Додатково передбачується приплив свіжого повітря за рахунок інфільтрації в об'ємі дворазового повітрообміну природними припливними установками ПЕ 8 у теплий період року.

Видалення повітря передбачено з верхньої зони через дефлектори, що мають клапани з електроприводами. Додатково передбачається приплив свіжого повітря за рахунок інфільтрації в об'ємі дворазового повітрообміну.

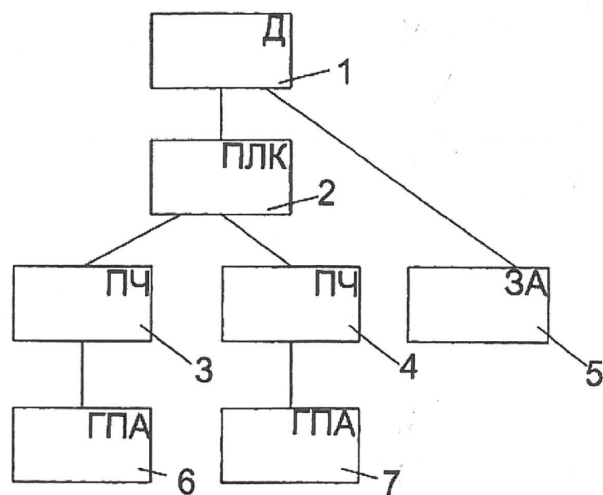
Застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів та автоматизованої регулюючої арматури дає можливість економити розхід тепла на опалення та вентиляцію КС, що, в свою чергу, знижує експлуатаційні витрати.

Повна автоматизація систем вентиляції та опалення дає змогу економити енергоресурси (електроенергію, тепло- та водоспоживання) під час експлуатації цих систем.

Для забезпечення високої надійності та керованості, переходу до малолюдних технологій на станціях застосовані сучасні мікропроцесорні системи управління та телемеханіки. Реалізована єдина централізована система автоматизованого управління технологічними процесами станції.

Глибокий рівень автоматизації, висока надійність обладнання та систем, реалізація дистанційного керування забезпечують скорочення персоналу на 40 штатних одиниць, що на 21% нижче нормованого. При цьому більшу частину часу доби станція може працювати без обслуговуючого персоналу [4].

На рис. 4 схематично зображено принципову схему системи управління електроприводної компресорної станції магістрального газопроводу [5].



1 - автоматизоване робоче місце диспетчера (Д);
2 - контролер логічний, програмований (ПЛК);
3, 4 - перетворювачі частоти струму; 5 - електропривод запірно-регулюючої арматури (ЗА);
6, 7 - електроприводи газоперекачувальних агрегатів (ГПА)

Рисунок 4 – Принципова схема системи управління електроприводної компресорної станції магістрального газопроводу

Система управління включає автоматизоване робоче місце диспетчера 1(Д), програмований перетворювач логічний контролер 2 (ПЛК), давачі технологічних параметрів – температури, тиску, об'ємів газу, давачі швидкості обертання валів газоперекачувальних агрегатів (не показано) та два перетворювачі частоти 3 та 4 (ПЧ). В якості автоматизованого робочого місця диспетчера 1 застосовано керуючий комп'ютер з програмним продуктом, який задає алгоритм роботи пропонованій системі. Виходи автоматизованого робочого місця диспетчера 1 з'єднані з програмованим логічним контролером 2, який відпрацьовує заданий алгоритм роботи системи. Модулі виводу автоматизованого робочого місця диспетчера 1 підключені до електропроводів запірно-регулюючої арматури 5 (ЗА), а програмованого логічного контролера 2 – до перетворювача частот 3 та 4, які пов'язані з електроприводами газоперекачувальних агрегатів відповідно 6 та 7.

Як програмований логічний контролер 2 використано промисловий контролер ЕЛПК-04, розроблений фірмою «ЭЛНА». Зв'язок між автоматизованим робочим місцем диспетчера 1, програмованим логічним контролером 2 та перетворювачем частот 3 та 4 відбувається за допомогою локальної інформаційної мережі Ethernet, що забезпечує надійність та завадостійкості системи.

Запропонована система управління компресорною станцією магістрального газопроводу працює наступним чином.

У процесі транспортування природного газу по магістральному газопроводу виникають зміни об'єму перекачуваного газу. При цьому з автоматизованого робочого місця диспетчера 1 в програмований логічний контролер 2 поступає завдання змінити значення об'єму перекачування природного газу через КС. Програмований логічний контролер 2 в цей момент також отримує інформацію про поточні швидкості обертання електроприводів 6 та 7, якими він управляє. В контролері 2 відбувається порівняння поточних значень швидкостей обертання електроприводів 6 та 7 з установленими для перекачування заданих об'ємів газу, а як наслідок порівняння контролер 2 видає управляючі сигнали перетворювачам частоти 3 та 4, які, в свою чергу, змінюють число обертів валів відповідних швидкісних електроприводів газоперекачувальних агрегатів 5 та 6. Таким чином, вдається уникнути «стрибка» кількості обертів електроприводів газоперекачувальних агрегатів. Таке управління може виконуватись як в момент пуску агрегатів, так і в робочому режимі роботи КС. Це дає змогу знизити знос устаткування КС за рахунок створення умов для плавного природного газу шляхом рівномірного розподілу навантаження між працюючими агрегатами 5 та 6.

Будь-яка газоперекачувальна станція є забруднювачем навколишнього середовища через викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря, забруднення ґрунтів, водних об'єктів відходами виробництва і споживання. При рекон-

струкції компресорних станцій ТОВ «Газпром трансгаз Томськ» було приділено велику увагу екологічності об'єктів. Основний внесок у зниження негативного впливу на навколишнє середовище дало застосування сучасних автоматизованих установок очищення газу, використання безолійних технологій в ГПА і енергогосподарстві станції, реконструкція каналізаційно-очисних споруд. Це дало можливість, окрім покращення екології виробництва тільки на одній компресорній станції "Володіно", отримати економічний ефект 3 млн рос. руб. на рік.

Висновки

1. Виконано комплексну реконструкцію електроприводних компресорних станцій із застосуванням новітніх технічних рішень та обладнання. Основні нові розробки захищені патентами на корисні моделі.

2. Реконструкція дає збільшення продуктивності компресорних станцій при зниженні кількості та загальної встановленої потужності ГПА.

3. Розроблені схемні рішення і застосоване обладнання (ГПА та електрообладнання) дали змогу відмовитися від олієгосподарства на станції, підвищили її надійність, безпеку і екологічність виробництва.

4. Вперше проведено дослідно-промислово експлуатацію новітніх електроприводних безредукторних з магнітними підвісами і сухими ущільненнями газоперекачувальних агрегатів ЕГПА - 4, 0/8200-5, 6/1, 26 -Р.

5. Комплексне застосування енергозберігаючих технологій, застосування частотно-регульованого приводу і алгоритмів регулювання забезпечило можливість широкого регулювання газодинамічних параметрів компресорних станцій, відповідних оптимальному розрахунковому режиму роботи газопроводу, що в сукупності забезпечує зниження витрат на електроенергію до 30 % на рік.

6. Вперше виконано НДР з отриманням фактичних показників електромагнітної обстановки в мережах електроприводної компресорної станції з частотно-регульованим приводом.

7. Розроблена компактна децентралізована система вентиляції забезпечила високу надійність станції, максимальну рекуперацію тепла обладнання, високу якість повітря захищена патентом на корисну модель.

8. Використання безолійових технологій в ГПА і енергогосподарстві станції та автоматизована установка очищення газу суттєво знизили негативний вплив на навколишнє середовище і знизили екологічні витрати.

9. Глибокий рівень автоматизації та інтеграції систем, їх висока надійність, реалізація дистанційного керування станціями забезпечують скорочення персоналу до 40 штатних одиниць, що на 21% нижче нормативної. Велику частину часу доби станція може працювати фактично без обслуговуючого персоналу, система захищена патентом на корисну модель.

10. Значно поліпшено умови праці персоналу компресорних станцій. Впровадження високоефективної установки «Аерозон» забезпечило персонал якісною питною водою.

11. Вперше реалізовано комплекс технічних і організаційних рішень, який дав змогу створити сучасний, надійний, безпечний, повністю автоматизований, енергоефективний об'єкт газотранспортної системи, реалізувати принципи малолюдних технологій та дистанційного керування.

12. Інтегральний економічний ефект від реалізації проекту реконструкції компресорних станцій складе більше 31 млрд рос. руб.

Література

1 Патент России на полезную модель №126803 МПК F17D 1/04 (2006.01), F04D25/06 (2006.01) Газоперекачивающая компрессорная станция магистрального газопровода / Шалай Н.И., Говдяк Р.М., Лянецкий Т.Н., Опубл.10.04.2013. Бюл.№10

2 Патент России на полезную модель №126096 МПК F24D 1/100 (2006.01) Система обогрева производственного помещения с установленным оборудованием / Шалай Н.И., Говдяк Р.М., Лянецкий Т.Н. Опубл.20.03.2013. Бюл. № 8.

3 Энергоекологична безпека нафтогазових об'єктів / Р.М. Говдяк, Я.М. Семчук, Б.І. Шелковський та ін. – Івано-Франківськ: Лілея–НВ, 2007. – 556 с.

4 Патент России на полезную модель №128917 F17D3/01 (2006.01), F04D25/06 (2006.01), F04B 41/00 (2006.01) Система управления компрессорной станцией магистрального газопровода / Шалай Н.И., Говдяк Р.М., Лянецкий Т.Н. Опубл. 10.06.2013. Бюл. № 16.

5 Опыт эксплуатации ГРС ООО «Газпром трансгаз Томск УФА» по малолюдной технологии подачи газа / С.Т.Пашин, С.В.Алимов, П.Г.Романенков, А.И.Асадуллин // Газовая промышленность. – 2012. – № 11. – С. 56-59.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
02.04.14*

*Рекомендована до друку
професором Семчуком Я.М.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором Драганчук О.Т.
(НАК «Нафтогаз України», м. Київ)*